

TNO-rapport

96-CMC-R0288

SCHOKREDUCTIE D.M.V. ZWEVENDE VLOEREN; STALEN UNP
PROFIELEN.

TNO Bouw

Centrum voor Mechanische Constructies



DISTRIBUTION STATEMENT A

Approved for public release;
Distribution Unlimited



ONGERUBRICEERD

19960906 023

TNO-rapport

96-CMC-R0288

SCHOKREDUCTIE D.M.V. ZWEVENDE VLOEREN; STALEN UNP
PROFIELEN.

TNO Bouw

Centrum voor Mechanische Constructies

Lange Kleiweg 5, Rijswijk
Postbus 49
2600 AA Delft

Datum

18 Juli 1996

Telefoon 015 284 20 00
Fax 015 284 39 90
Telex 38270

Auteur(s)

ir. R. Regoord

Sponsor: Ministerie van Defensie
Directie Materieel Koninklijke
Marine
Afdeling Scheepsbouw
Postbus 20702
2500 ES 's-Gravenhage

Toezichthouder: TNO Defensieonderzoek

Rubriceringen:

Vastgesteld door : ir. J.A.A. Vaders
Vastgesteld d.d. :

Titel	: ONGERUBRICEERD
Managementuittreksel	: ONGERUBRICEERD
Tekst	: ONGERUBRICEERD
Bijlagen	: ONGERUBRICEERD

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
kopie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook, zonder voorafgaande
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onder-
zoeksopdrachten aan TNO, dan wel
de betreffende terzake tussen de
partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het
TNO-rapport aan direct belang-
hebbenden is toegestaan.

Projectnr. : 62376605 - A95/KM/109
Auteur : ir. R. Regoord
Goedgekeurd : ir. G.T.M. Janssen
Pagina's : 28 (excl. RDP & distr.lijst)

© TNO

ONGERUBRICEERD

DTIC QUALITY INSPECTED 2

DISTRIBUTION STATEMENT 4

Approved for public release;
Distribution Unlimited

TNO Bouw verricht onderzoek en geeft advies over
bouwvraagstukken, voornamelijk in opdracht van onder meer
de overheid, grote en kleine ondernemingen in de bouw,
toeleveringsbedrijven en branche-instellingen.



Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene
Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO,
zoals gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de
Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

Managementuittreksel.

Titel : Schokreductie d.m.v. Zwevende Vloeren; stalen UNP profielen.
Auteur : R. Regoord
Datum : 18 Juli 1996
Opdr. nr : 62376605 - A95/KM/109
IWP nr. : 792
Rapportnr. : 96-CMC-R0288

Aan schokreductiemaatregelen, met name het verend opstellen van apparatuur wordt vanzelfsprekend, al sinds lange tijd veel aandacht en onderzoek besteed.

Met name de laatste jaren is het belang van schokreductie nog verder toegenomen, onder invloed van krimpende defensiebudgetten en de daarmee gepaard gaande wens en verwachting om bij nieuwbouw tot kostenbesparing te geraken door ondermeer specifieke schokeisen aan apparatuur naar toeleveranciers waar mogelijk te laten vervallen.

Onder deze omstandigheden is het van belang dat verende opstellingen een zo groot mogelijke schokreductie bieden zodat het stellen van schokeisen aan apparatuur dan inderdaad zonder al te groot risico achterwege kan blijven. Omdat, meer nog dan vroeger, zeer grote slap verend opgestelde vloeren zullen worden gaan toegepast, verdienen deze extra aandacht.

Dit betekent ondermeer:

- (1) De betrouwbaarheid van de berekende schokreductie moet groot zijn, omdat een verdere kwalificatie veelal achterwege zal blijven.
- (2) De benodigde input voor de berekeningen, de schokbewegingen, zijn veelal nodig op locaties en onder omstandigheden waar de tot nu toe in gebruik zijnde gestandaardiseerde pulsvormen niet in de eerste plaats betrekking op hebben.
- (3) Onder grote verend op te stellen constructies zullen die schokbewegingen onder de veren niet meer gelijktijdig op treden.

De hier uitgevoerde schokresponsieberekeningen hebben betrekking op een representatieve dek - vloer combinatie zoals mogelijk aanwezig in de commandocentrale van het LCF.

Eerder uitgevoerde berekeningen [1][2], in het kader van een meer algemene oriënterende opdracht m.b.t. "Schokreductiemaatregelen" (A95/KM/131), betroffen eveneens dek-vloercombinaties, waarbij de vloer opgebouwd was uit aluminium pallet delen en waarbij ofwel kabelgewonden veren van Socitec werden toegepast [1], ofwel rubber veren van Loggers [2].

De nu gerapporteerde berekeningen betreffen een stalen vloer met de door de KSG voorgestelde UNP 80*50*5 profielen, opgesteld op kabelgewonden veren van Sebert.

De berekeningen zijn nu uitsluitend uitgevoerd met de kickoff puls als aanstoting.

SAMENVATTING

Aan schokreductiemaatregelen, met name het verend opstellen van apparatuur wordt vanzelfsprekend, al sinds lange tijd veel aandacht en onderzoek besteed.

Met name de laatste jaren is het belang van schokreductie nog verder toegenomen, onder invloed van krimpende defensiebudgetten en de daarmee gepaard gaande wens en verwachting om bij nieuwbouw tot kostenbesparing te geraken door ondermeer specifieke schokeisen aan apparatuur naar toeleveranciers waar mogelijk te laten vervallen.

Onder deze omstandigheden is het van belang dat verende opstellingen een zo groot mogelijke schokreductie bieden zodat het stellen van schokeisen aan apparatuur dan inderdaad zonder al te groot risico achterwege kan blijven. Omdat, meer nog dan vroeger, zeer grote slap verend opgestelde vloeren zullen worden gaan toegepast, verdienen deze extra aandacht.

Dit betekent ondermeer:

- (1) De betrouwbaarheid van de berekende schokreductie moet groot zijn, omdat een verdere kwalificatie veelal achterwege zal blijven.
- (2) De benodigde input voor de berekeningen, de schokbewegingen, zijn veelal nodig op locaties en onder omstandigheden waar de tot nu toe in gebruik zijnde gestandaardiseerde pulsvormen niet in de eerste plaats betrekking op hebben.
- (3) Onder grote verend op te stellen constructies zullen die schokbewegingen onder de veren niet meer gelijktijdig op treden.

De hier uitgevoerde schokresponsieberekeningen hebben betrekking op een representatieve dek - vloer combinatie zoals mogelijk aanwezig in de commandocentrale van het LCF.

Eerder uitgevoerde berekeningen [1][2], in het kader van een meer algemene oriënterende opdracht m.b.t. "Schokreductiemaatregelen" (A95/KM/131), betroffen eveneens dek-vloercombinaties, waarbij de vloer opgebouwd was uit aluminium pallet delen en waarbij ofwel kabelgewonden veren van Socitec werden toegepast [1], ofwel rubber veren van Loggers [2].

De nu gerapporteerde berekeningen betreffen een stalen vloer met de door de KSG voorgestelde UNP 80*50*5 profielen, opgesteld op kabelgewonden veren van Sebert.

De berekeningen zijn nu uitsluitend uitgevoerd met de kickoff puls als aanstoting.

INHOUDSOPGAVE

Managementuittreksel 2

SAMENVATTING 3

INHOUDSOPGAVE 4

1. INLEIDING 5

2. UITGEVOERDE ANALYSES 7

2.7 Som 7 7

2.7.1 Locatie 7

2.7.2 Dek 7

2.7.3 Aanstoting 8

2.7.4 Palletvloer 8

2.7.5 Veren 10

2.7.6 Berekeningen 12

2.7.7 Rekenresultaten 12

2.7.7.1 Schokbeweging van het dek 12

2.7.7.2 Schokbeweging van de vloer 13

2.7.7.3 Gedrag van de veren 14

2.7.7.4 Buigspanningen in het dek en in de vloer 14

3. CONCLUSIES 16

LITERATUUR 17

APPENDIX A Figuren 18

1. INLEIDING

In 1995 werd een meerjarenproject "Schokreductiemaatregelen" opgestart. In het kader van dat project, dat niet exclusief gericht is op het LCF, wordt onder meer aandacht besteed aan de schokresponsie van grote zwevende vloeren. Om daarbij aan te sluiten bij reële afmetingen en constructies werd op verzoek van de Afdeling Scheepsbouw gerekend aan een representatieve dwarsscheepse doorsnede van een dek en de daarop slap verend opgestelde vloer t.p.v. de commandocentrale van het LCF. Daarover zijn tot nu toe twee interim rapporten verschenen [1] [2]. In het kader van dat project zal blijkens het overeengekomen projectplan [3] onder meer nog de invloed van whipping onderzocht worden. Kort samengevat is in de twee eerder uitgebrachte rapporten sprake van het volgende:

Het betreft een 2D dwarsscheeps rekenmodel met een dekbreedte van 16.8 m en een vloerbreedte van 13.2 m. De vloer is opgebouwd uit aluminium pallet delen.

De mate van detaillering in het eindige elementen model is gering, met in totaal slechts een 52-tal balkelementen en een 21-tal veerelementen. Het eerst verschenen rapport [1] betreft de schokresponsie van deze dek-vloer combinatie bij toepassing van kabelgewonden veren van het type Polycal Y1642-2 van Socitec [4]. Qua aanstoting is in de eerste plaats de gestandaardiseerde schokbeweging pulsform C(F) toegepast (bij **som 3**) en vervolgens de kickoff puls (bij **som 4**). Geconcludeerd werd dat deze laatste het meest realistisch is.

Het tweede rapport [2] betreft de zelfde dek-vloer combinatie, maar nu met toepassing van rubber veren van het type N2C kl.4 van Loggers. Deze veren worden ook wel toegepast onder dit soort vloeren in Duitse fregatten. Deze laatste berekeningen (**som 6**) lieten grotere doorgeleide versnellingen naar de vloer zien (200 m/s^2 vergeleken met 60 m/s^2 bij de kabelgewonden veren) en ook grotere buigspanningen in de vloerbalk.

Zeer onlangs heeft de KSG een tekening uitgebracht, getiteld "Voorstel Schokvloeren", gedateerd 31-5-96, betrekking hebbend op de computerruimte Sewaco achter.

Dat betekent vervanging van de aluminium vloer met aan elkaar geboude pallets door een enkel gelast stalen frame, opgebouwd uit koudgewalste UNP 80*50*5 profielen. De KSG stelt bij deze vloer een volkomen gelijkmatige ondersteuning door veren voor. Volgens de KM zullen deze veren onder elk kruispunt van de UNP profielen worden gemonteerd. De KSG stelt kabelgewonden veren voor van Sebert, type K16 180-02.

De situatie t.p.v. deze computerruimte wijkt op een aantal punten aanzienlijk af van die in de commandocentrale:

- ondersteuning van het dek
- afmetingen van de vloer in de breedterichting 4.8 m tegenover 13.2 m
- vloerbelasting gemiddeld 500 kg/m^2 tegenover 150 kg/m^2 in de commandocentrale.
- kasten die vermoedelijk tegen elkaar aangezet zullen worden (in de breedterichting van het schip) en met elkaar aan de bovenzijde door staalprofielen verbonden zullen zijn, waardoor de vloer aanzienlijk verstijfd wordt.

Als nu de eerstvolgende responsie analyse betrekking zou hebben op deze computerruimte dan wordt wel de vergelijkingsmogelijkheid met de resultaten van de voorgaande berekeningen gemist.

Op verzoek van de Afdeling Scheepsbouw is daarom, nu in het kader van het project "Schokaspecten LCF", opnieuw gerekend aan de dek-vloer combinatie in de commandocentrale, maar nu met de door de KSG voorgestelde en hierboven genoemde UNP profielen en met veren van Sebert. Aanstoting wederom met de kickoff puls.

De eerstvolgende nieuwe analyse wordt aangeduid met **som 7** waarbij een vergelijking met de resultaten van **som 4** [1] het meest voor de hand ligt.

Het volgende hoofdstuk 2 is verdeeld in deelhoofdstukken die elk op zich gewijd zijn aan achtereenvolgens uitgevoerde sommen, beginnend met **som 7**. De sommen 1 t/m 4 werden gerapporteerd in [1] en de sommen 5 en 6 in [2]. De deelhoofdstukken 2.1 t/m 2.6 ontbreken hier dan ook. Teneinde dit rapport op zich volledig te laten zijn is de beschrijving van de dek-vloer combinatie in zijn geheel opgenomen.

* * *

Van de zijde van de K.M., Afdeling Scheepsbouw, Bureau SO&O werd het onderzoek begeleid door ir. J.A.A. Vaders.
Dank is ook verschuldigd aan ir. J.v.d. Eikhoff van TNO voor onder meer de grafische presentatie van de responsies.

* * *

2. UITGEVOERDE ANALYSES.

(deelhoofdstuk 2.1 t/m 2.6 opzettelijk blank gelaten.)

2.7 SOM 7.

2.7.1 LOCATIE.

Het F-dek t.p.v. de commandocentrale. Daarvan een dwarsscheepse doorsnede over de volle breedte van het schip, ongeveer halverwege het compartiment.

2.7.2 DEK.

Modellering algemeen:

Het dek met een breedte van 16.8 m is gemodelleerd als een continue balk met BECOC elementen. Daarin zijn de stijfheids- en massagegevens verwerkt van een dekstrook met een breedte van 1.8 m in de langsscheepse richting. Deze keuze is zowel afgestemd op de onderlinge afstand van de dwarsverstijvers onder het dek (1.8 m) als op de afmetingen van de vloer (rooster met een steek van 0.6 m).

Een doorsnede van deze continue balk, met daarboven de vloer is geschetst in fig. 2.7.1. Daarin zijn ook mogelijke plaatsen van veren aangegeven.

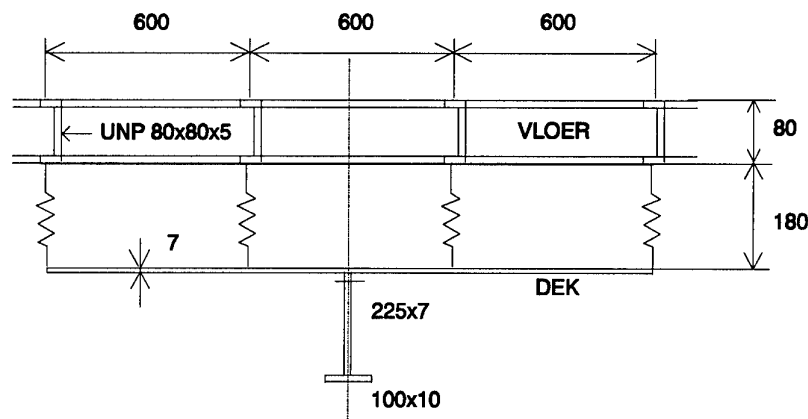


fig. 2.7.1 Dwarsdoorsnede over dek en vloer.

Aan weerszijden van hart schip is het F-dek ondersteund door twee langsscheepse schotten (onderlinge afstand 7.2 m). In het model is de dekbalk op die plaatsen opgelegd verondersteld. De uiteinden van de balk worden stijf verbonden geacht met de op zich flexibele scheepswand, die in het model doorloopt tot het G-dek (3 m lager). Hiermee wordt als het ware aan de uiteinden van de balk een rotatiestijfheid toegevoegd.

Stijfheidsgegevens:

Staal, $E = 210 \text{ GN/m}^2$ en $\nu = 0.3$

Plaatdikte dek 7 mm.

Dwarsverstijver (webspant): 225 X 7 + 100 X 10 mm

De voor het traagheidsmoment meewerkende plaatbreedte bedraagt volgens Lloyds Register 1.038 m voor de twee korte velden en 1.360 m voor het centrale middelste veld.

De traagheidsmomenten worden daarmee resp. $6.5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$ en $6.8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$.

De weerstandsmomenten zijn resp. $3.29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ en $3.33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$.

Het afschuifoppervlak bedraagt $1.575 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$.

Het traagheidsmoment van de twee 3 m lange balkelementen, die de scheepswanden tot het G-dek vertegenwoordigen is geschat op $6.0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$.

Traagheidsgegevens:

Aannemende dat de plaatbreedte 1.8 m is vinden we een doorsnede oppervlak van $15.175 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$. Met een dichtheid van 7800 kg/m^3 wordt de massa van het balkprofiel 118.3 kg per strekkende meter. Deze massa is verder nog met 20% vermeerderd i.v.m. gewicht kabelbanen, deel van het gewicht van de veren, enz. De massa van de langsscheepse spanten (om de 0.6 m) is niet in de berekeningen betrokken, omdat ook de bijdrage aan de stijfheid bij dit 2-dimensionale model niet in rekening gebracht is.

Een en ander resulteert, bij knooppunten om de 0.6 m, in puntmassa's van 85.2 kg . Er ontstaat een diagonaalmatrix van massatermen die alleen gekoppeld zijn aan translaties in verticale richting.

2.7.3 AANSTOTING.

De dekbalk ondergaat op 4 plaatsen identieke voorgeschreven bewegingen in verticale richting: ter plaatse van de twee scheepswanden en ter plaatse van de schotten.

Rekening houdend met de ervaring opgedaan tijdens een vorige studie [1] bij **som 4** is voor de aanstoting niet de pulsform C gekozen, maar de z.g. "kickoff puls".

Die laatste puls werd indertijd bepaald met het programma SWISS [5], waarbij uitgegaan is van een explosieve lading van 1000 kg TNT schuin naast/onder het schip op een zodanige afstand dat de huidschokfactor gelijk is aan de voor dit fregat van toepassing zijnde ontwerpshokfactor voor niveau 1.

De kenmerken van deze puls zoals die verwacht wordt op te treden in verticale richting laag in het schip ter plaatse van stijve delen, zoals b.v. een waterdicht schot, zijn de volgende:

Lineair toenemende snelheid van 0.0 tot 1.69 m/s op het tijdstip $t = 2.94 \text{ ms}$. Daarna een lineair tot 0.0 afnemende snelheid tot op het tijdstip $t = 49.6 \text{ ms}$. Vervolgens een snelheid gelijk aan nul. Dat betekent eerst een konstante versnelling van 575 m/s^2 , gevolgd door een konstante vertraging van 36 m/s^2 .

Op het tijdstip $t = 49.6 \text{ ms}$ wordt de maximale verplaatsing van 42 mm bereikt, die daarna konstant blijft.

Precies de zelfde kickoff puls werd eerder gebruikt [6] [7] als aanstoting van een compartiment van dit fregat en wel op de halve diepgang.

2.7.4 PALLETVLOER.

Modellering algemeen:

De vloer met een lengte van 13.2 m is gemodelleerd als een continue balk met BECOC elementen. Daarin zijn ook weer de stijfheids- en massagegegevens verwerkt van een strook met een breedte van 1.8 m .

Deze gegevens hebben betrekking op de combinatie van de vloer en de daarop geplaatste kabinetten.

De vloer ligt symmetrisch t.o.v. hart schip.

Stijfheidsgegevens:

Staal, $E = 210 \text{ GN/m}^2$ en $\nu = 0.3$

Uit fig. 2.7.1 blijkt dat, binnen het model, sprake is van vier afzonderlijke doorgaande profielen.

Dit zijn koudgewalste UNP 80*50*5 profielen, conform de door de KMS ter info afgegeven tekening "voorstel schokvloeren" d.d. 31 Mei 1996. Deze tekening betreft de "computerruimte Sewaco achter" Op verzoek van de Afdeling Scheepsbouw DMKM is aangenomen dat deze profielen ook voor de vloer in de commandocentrale in aanmerking komen.

Van de twee buitenste profielen in fig 2.7.1 mag slechts de helft van de buigstijfheid toegekend worden aan het balkmodel.

In feite betreft het dus 3 parallel geplaatste profielen met een gezamenlijk traagheidsmoment van $229.5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$ en een afschuifoppervlak van $1.2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$.

Vergeleken met de aluminium palletvloer in de **sommen 3, 4 en 6** is de buigstijfheid EI met ongeveer een factor 7 afgenomen.

Deze stijfheidsgegevens zijn niet van toepassing over de gehele lengte van de vloer, omdat er lokaal sprake is van een aanzienlijk grotere stijfheid veroorzaakt door lokaal aanwezige kabinetten die vast gemonteerd zijn op de vloer. Uit fig. 2.7.2 blijkt dat er sprake is van 3 kabinetten, elk met een lengte van 3.6 m (6 velden) en een breedte van 1.8 m (3 velden). Die kabinetten zijn symmetrisch geplaatst t.o.v hart schip met tussenruimten van 1.2 m (2 velden).

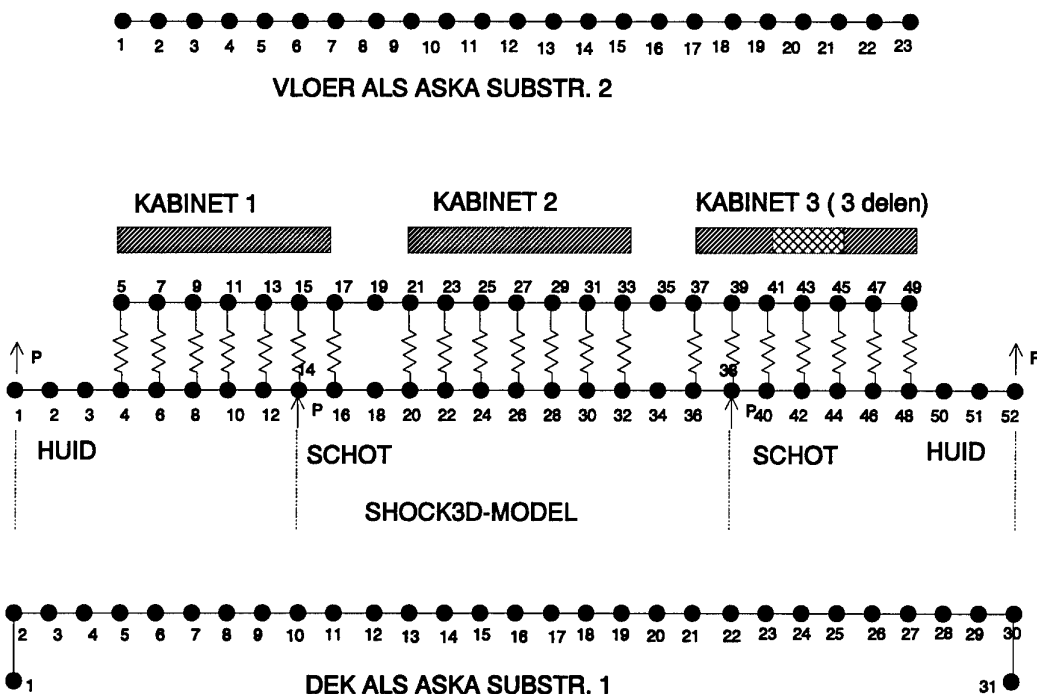


fig. 2.7.2 Model met knooppuntsnummers in SHOCK3D en ASKA.

De kabinetten 1 en 2 bevatten elk doorgaande profielen in langsrichting. Over de kabinetten zelf is qua constructiegegevens nog niet voldoende bekend om die additionele stijfheid met enige zekerheid in rekening te kunnen brengen. Aangenomen is dat aan de uiteinden van het kabinet (het eerste en het zesde veld) geen sprake is van een bijdrage aan de stijfheid maar dat over de vier middelste velden het traagheidsmoment en het afschuifoppervlak een factor 10 hoger zijn. Het derde kabinet bestaat in feite in langsrichting uit 3 afzonderlijke delen, elk met een lengte van 1.2 m (2 velden). Aangenomen is dan ook dat

dit derde kabinet geen enkele bijdrage aan de stijfheid van de vloer levert.

Dit derde kabinet brengt dus asymmetrie in het model, niet alleen vanwege de stijfheid van de vloer, maar ook vanwege de verdeling van de veren, zoals verderop blijken zal.

De UNP profielen vormen een volkomen regelmatig gelast frame met velden van $0.6\text{m} \times 0.6\text{m}$.

Traagheidsgegevens:

Met een dichtheid van staal van 7800 kg/m^3 is aan de hand van de beschikbare afmetingen geconcludeerd dat drie velden naast elkaar (0.6 m bij 1.8 m) een massa van 24 kg vormen. Dat is vrijwel de zelfde massa zoals die eerder voor de palletvloer [1] [2] in rekening was gebracht. Dat was 25 kg . Die laatste waarde is hier gehandhaafd. Dus is aan elk van de knooppunten in het model (onderlinge afstand 0.6 m) deze massa toegekend, met uitzondering van de knooppunten aan de uiteinden waar 12.5 kg is gedacht.

Verder weegt elk van de drie kabinetten 1020 kg . Die massa is steeds over 7 knooppunten verdeeld, resp. 85.5 kg , 5 maal 170 kg en 85.5 kg . Eventuele verdere massa's zijn niet in rekening gebracht.

2.7.5 VEREN.

De door de KSG voorgestelde kabelgewonden veren van Sebert, type K16 180-02 [8], bedoeld voor montage onder de genoemde zwevende vloer in de computerruimte, werden eerder door TNO op schok beproefd. Aan het beproevingsrapport [9] wordt ontleend dat de stijfheid van deze veer in de hoofdrichting ongeveer 101000 N/m bedraagt. Onder elke kruising van de UNP profielen is daar een dergelijke veer gepland. De vloerbelasting is daar vrij hoog: ongeveer 500 kg/m^2 , ofwel 180 kg massa per veer.

Dat betekent een opstellingsfrequentie (voor grote verticale trillingsamplituden bij schok) van ongeveer 3.8 Hz .

In de commandocentrale is de vloerbelasting veel lager. Bij de tot nu toe uitgevoerde sommen [1] [2] was sprake van een gemiddelde vloerbelasting van slechts 152 kg/m^2 . Het gebruik van minder stijve veren van Socitec, type Polycal Y1642-02 [4] (stijfheid in de hoofdrichting ongeveer 44700 N/m), ook niet onder elk kruispunt gemonteerd, leidde bij de **sommen 3 en 4** tot een opstellingsfrequentie (verticale trillingen) van ongeveer 4.1 Hz .

De K16 180-02 van Sebert is dus voor toepassing in de commandocentrale te stijf.

Besloten is om op precies dezelfde plaatsen waar bij de **sommen 3 en 4** de polycal veren van Socitec waren gemonteerd nu de veren K19 100-02 van Sebert te monteren. Dat is blijkens de catalogus [8] het type dat qua stijfheid voorafgaat aan de K16 180-02 veer. De K19 100-02 is niet door TNO beproefd, maar bestudering van de catalogus leert dat Sebert precies de zelfde waarden opgeeft als Socitec in [4] voor de Y1642-02 veer.

Dat betreft afmetingen, g-getallen, frequenties, enz.

Sebert maakt overigens geen onderscheid in eigenschappen voor "shear" en voor "roll". Dat wekt bevreemding omdat de catalogus laat zien dat de afmetingen in de beide dwarsrichtingen van de veer verschillend zijn. Bij de hier uitgevoerde berekeningen zijn de eigenschappen in de dwarsrichtingen niet relevant.

Met de beschikbaarheid van deze informatie ligt het dus voor de hand om de veer karakteristiek met precies de zelfde gegevens vast te leggen.

De stijfheden bij verschillende uitrekkingen en indrukkingen voor een enkele veer van het type Sebert K19 100-02 worden dan als volgt:

$\Delta l = -0.04\text{ m}$	$c = 7.66 \cdot 10^4\text{ N/m}$
$\Delta l = -0.02\text{ m}$	$c = 6.00 \cdot 10^4\text{ N/m}$
$\Delta l = 0.0\text{ m}$	$c = 4.47 \cdot 10^4\text{ N/m}$
$\Delta l = 0.02\text{ m}$	$c = 3.90 \cdot 10^4\text{ N/m}$
$\Delta l = 0.04\text{ m}$	$c = 4.89 \cdot 10^4\text{ N/m}$

Als dempingsfactor wordt weer net als bij **som 4** de waarde $K = 113.3 \text{ Ns/m}$ ingevoerd.

Toegepast veertype in het SHOCK3D rekenprogramma is veertype 1.

In het onderste deel van fig. 2.7.3 zijn in een bovenaanzicht de plaatsen van de veren langs de omtrek van de kabinetten aangegeven. Per dwarsdoorsnede is het aantal veren 0, 2, 3 of 4. De eigenschappen van 2, 3 of 4 parallel gemonteerde veren zijn bij de modelvorming gecombineerd tot enkele veren met de nummers 1, resp. 2, resp. 3. (ook aangeduid boven in fig. 2.7.3).

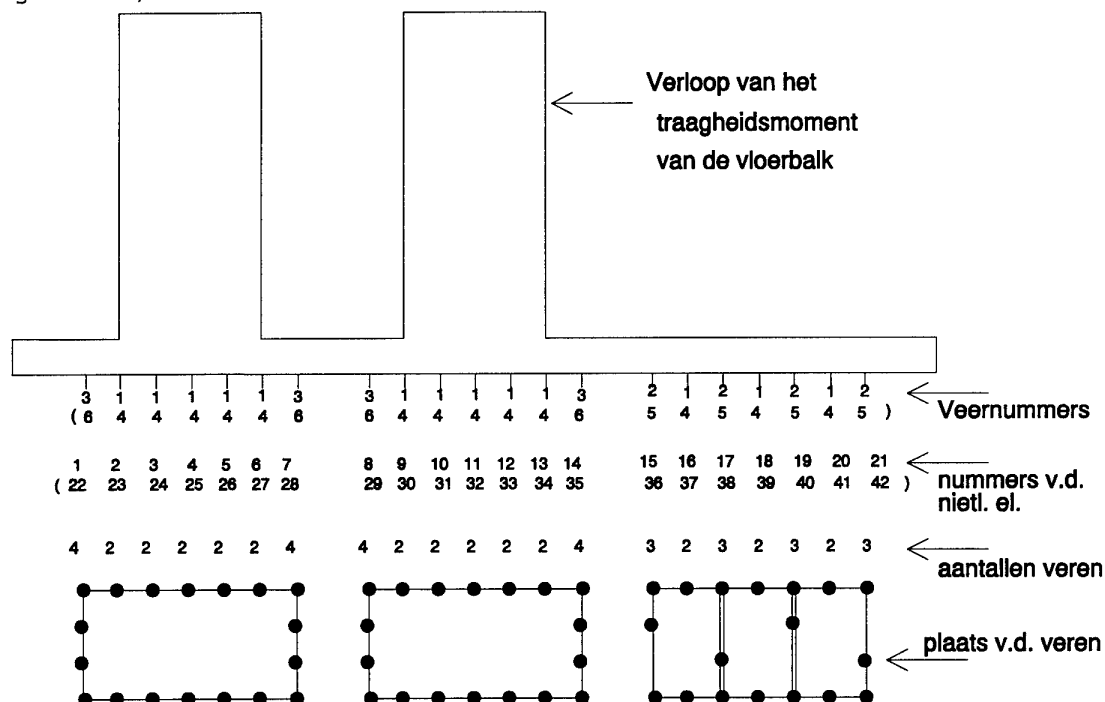


fig. 2.7.3 De vloerbalk en de daaraan verbonden veren.

Dus op 21 plaatsen langs de vloerbalk zijn in het model niet-lineaire elementen aangebracht, die elk in principe krachten in drie onderling loodrechte richtingen kunnen overbrengen. Omdat hier de aanstoting en de responsie alleen verticaal is, werd van de K19 100-02 veren alleen nog de krachtsoverdracht in de hoofdrichting van de veren gesimuleerd.

Opstellingsfrequentie van de vloer:

Als we de vergaande simplificatie doorvoeren dat onder "de" opstellingsfrequentie wordt verstaan de frequentie waarmee de totale massa van de vloer en de daarop opgestelde kabinetten beweegt op, in dit geval, 54 parallel geplaatste veren, dan was het bij het kiezen van het type en het aantal veren de bedoeling geweest dat die frequentie tijdens schokbewegingen ongeveer bij 5 Hz zou liggen. In dit geval is de totale massa 3613 kg en de totale ingevoerde stijfheid bij de evenwichtsstand tijdens het snel passeren daarvan tijdens schok voor 54 veren 2.41 MN/m. Daarmee komt de opstellingsfrequentie uit op 4.1 Hz, hetgeen wat lager is dan in de bedoeling lag.

De gemiddelde statische veerbelasting van een enkele veer is hier 67 kg, hetgeen binnen het opgegeven [8] gebied ligt van 52 - 104 kg.

Overigens vermeldt de leverancier voor kleine trillingsamplitudes eigenfrequenties van 10 Hz tot 7 Hz. Bij zeer kleine trillingsamplitudes is bij deze veren net als bij de Polycal veren sprake van een veel hogere stijfheid. Vermoedelijk is hier dus bij het overdragen van trillingen uit de scheepsconstructie naar de kabinetten sprake van een 9 Hz opstelling.

2.7.6 BEREKENINGEN.

Achtereenvolgens werden de volgende berekeningen uitgevoerd:

- (1) Berekening van de stijfheidsmatrices van het dek en van de vloer als aparte substructures in ASKA. Statische condensatie van het aantal vrijheidsgraden waardoor alleen de verticale translaties overgebleven zijn.
- (2) Responsieberekening van het totale systeem in SHOCK3D [10] over 500 ms met 5000 tijdstappen van 0.1 ms.
Printuitvoer van de responsie om de 10 ms.
Uitvoer naar files elke ms voor het plotten (m.b.v. TECPLOT) van responsie resultaten en voor het berekenen van de snedekrachten en de rotaties in de hierop volgende ASKA berekeningen.
- (3) ASKA berekeningen voor 500 belastingsgevallen (tijden).
Printuitvoer van de extreme waarden van de snedekrachten in alle knooppunten met de bijbehorende tijdstippen.
Printuitvoer van alle snedekrachten, translaties, rotaties en reaktiekrachten t.p.v. de voorgeschreven vrijheidsgraden op een aantal geselecteerde tijdstippen waarop sprake is van maximale responsies. M.b.v. IDEAS zijn voor deze tijdstippen een aantal verplaatsingsplots getekend.

2.7.7 REKENRESULTATEN.

Bij de bespreking van de rekenresultaten zal veelvuldig verwezen worden naar de knooppuntsnummers (n.p. of node) zoals die in ASKA dan wel in SHOCK3D toegekend werden. Zie daartoe fig. 2.7.2.

De nummers van de niet-lineaire elementen (1 t/m 21) vindt men terug in fig. 2.7.3.

Alle figuren die betrekking hebben op de responsie zijn in appendix A opgenomen.

2.7.7.1 Schokbeweging van het dek.

De absolute verplaatsingen van SHOCK3D n.p. 1 (scheepswand) en van n.p. 6 en 26 (middens van de velden) zijn afgebeeld in de figuren A.7.1 en A.7.2 en de versnellingen van deze zelfde punten in de figuren A.7.3 en A.7.4. Deze 4 figuren betreffen de responsie over 500 ms.
De snelheden van deze zelfde punten 1, 6 en 26 zijn bovendien voor de eerste 100 ms weergegeven in fig A.7.5.

Commentaar:

Ten opzichte van **som 4** is het dek en de aanstoting van het dek niet veranderd en ook is "de" opstellingsfrequentie van de vloer niet veranderd. De schokresponsie van het dek verschilt dan ook uitermate weinig met die van **som 4**. Dat blijkt als men bovengenoemde 5 figuren vergelijkt met de figuren A.4.1 t/m A.4.4, A.4.11 en A.4.12 [1]. De zeer geringe verschillen ontstaan doordat de slappere vloer zich dynamisch iets anders gedraagt en enigszins verschillende reaktiekrachten op het dek uitoefent. Het hier volgende commentaar bij de dekresponsie is dan ook vrijwel hetzelfde als bij **som 4**.

Bij het dekveld tussen de scheepshuid en het langsschot domineert een trilvorm met een eigenfrequentie van 33 Hz. De maximale doorbuiging van dit stuk dek (n.p. 6) is ongeveer 14 mm.

Het dek tussen de twee langsschotten in (n.p. 26) buigt ongeveer 23 mm door. Van de hier aanwezige trilvormen is vooral die met een frequentie van 15 Hz belangrijk.

De maximum waarden van de versnellingen op het dek (fig A.7.3 en fig.A.7.4) liggen vrijwel steeds (aanzienlijk) beneden de 1000 m/s². Blijkbaar worden ook hogere trilvormen in het dek aangestoten, hetgeen ook verwacht mag worden gezien de kleine stijgtijd tot de maximum snelheid van de

voorgescreven puls.

Uit de tijdsignalen, met name de versnellingen blijkt dat het systeem gedempt is. De amplituden nemen langzaam af. Damping is alleen in het model ingevoerd in de kabelgewonden veren. Door allerlei andere oorzaken zal de damping in werkelijkheid groter zijn en zullen met name de trillingen met hogere frekwenties sneller uitgedempt zijn.

2.7.7.2 Schokbeweging van de vloer.

De versnellingen van SHOCK3D n.p. 5, 11, 17, 27, 39, 43 en 47 zijn afgebeeld in de figuren A.7.6 t/m A.7.12. Bovendien zijn van de knooppunten 7, 11 en 15 (onder kabinet 1) de versnellingen weergegeven in fig. A.7.13 en van de knooppunten 21, 27 en 33 (onder kabinet 2) in fig. A.7.14 en van de knooppunten 37, 43 en 49 in fig. A.7.15. Verder zijn op een zestal kritieke tijdstippen de vloerverplaatsingen weergegeven. Zie de figuren A.7.16 t/m A.7.21.

Commentaar:

Vergeleken met **som 4** is de vloer aanzienlijk slapper geworden. De vloer laat nu, met name t.p.v. het kabinet 1, een andere schokresponsie zien. Alvorens daar op in te gaan kan opgemerkt worden dat in alle versnellingssignalen opnieuw de laagfrequentie opstellingsfrequentie van 4.1 Hz herkenbaar is. Die laagfrequentie component is verantwoordelijk voor een versnellingsniveau over de gehele lengte op de vloer van ongeveer 30 m/s². Daarnaast zijn versnellingscomponenten met hogere frekwenties aanwezig. Met name t.p.v. de buitenste knooppunten 5 en 17 van kabinet 1 dragen deze versnellingen bij aan het totale versnellingsniveau tot ongeveer 100 m/s². De zelfde frequentie van ongeveer 33 Hz die geconstateerd werd in de buitenste dekvelen blijkt hier in sterke mate opgebouwd te worden. Als we nu kijken naar de versnellingssignalen van de knooppunten 5, 7, 11, 15 en 17 onder dit kabinet 1 dan is het signaal van het middelste knooppunt 11 in tegenfase met de signalen van de vier andere knooppunten. Blijkbaar treedt er lokaal een buigtrilling in de vloer onder kabinet 1 op. Er zal dus sprake zijn van een eigentrillingsvorm van de vloer die dicht ligt bij de excitatiefrequentie van 33 Hz van het dekvel. Dat de knooppunten 5 en 17 veel grotere amplituden te zien geven dan de tussenliggende knooppunten is niet zo verwonderlijk gezien de geringe stijfheid van de vloer tussen de knooppunten 5 en 7 en tussen de knooppunten 15 en 17. Die uiteinden van het kabinet worden gemakkelijk aangestoten omdat het aantal veren daar juist twee keer zo hoog is en de massa twee keer zo laag is, vergeleken met de tussenliggende punten.

Kabinet 2 is identiek aan kabinet 1, evenals de onderliggende vloerconstructie. Toch is hier de responsie met piekversnellingen tot ongeveer 40 m/s² veel gunstiger. De reden daarvoor is dat in het middelste dekvel de trilvorm met 33 Hz als component in de excitatie in veel mindere mate aanwezig is.

Het dekvel onder kabinet 3 vertoont weer wel die grote excitatie component bij 33 Hz, maar dit kabinet 3 werd opgebouwd gedacht uit 3 afzonderlijke losstaande delen, dus zonder bij te dragen aan de stijfheid van de vloer. In dit deel van de vloer zullen dus andere trillingsvormen domineren dan in het deel onder kabinet 1. Ook hier blijkt de 33 Hz component in de responsie van de vloer aanwezig, maar nu met iets minder grote amplituden dan onder kabinet 1. De maximum versnellingspieken lopen hier op tot ongeveer 70 m/s².

De grootste versnelling die op de vloer optreedt bedraagt dus ongeveer 100 m/s², waarvan ongeveer 70 m/s² gerelateerd is aan een trilling met een frequentie van 33 Hz. Die laatste trilling gaat dan gepaard met een verplaatsingsamplitude van bijna 2 mm.

2.7.7.3 Gedrag van de veren.

Voor de niet-lineaire elementen 2, 4, 6, en 11 (zie fig. 2.7.3 voor de nummering) zijn de gedurende 500 ms doorlopen veer karakteristieken weergegeven in de figuren A.7.22 t/m A.7.25.

Commentaar:

Elk van de 4 elementen vertegenwoordigt 2 parallel geplaatste K19 100-02 veren.

De elementen 2, 4 en 6 zijn alle onder kabinet 1 geplaatst.

De veren blijken maximaal ongeveer 40 mm ingedrukt en ook uitgerekt te worden. Ter plaatse van de langsschotten zijn deze waarden het kleinst. Voor deze niet bijzonder grote waarden mag worden aangenomen dat de veer karakteristiek qua niet-lineariteit goed in het model verwerkt is.

2.7.7.4 Buigspanningen in het dek en in de vloer.

Voor 500 quasi-statische belastingsgevallen is m.b.v. ASKA per knooppunt zowel voor het dek als voor de vloer nagegaan wat de extreme waarden zijn voor de buigende momenten in de balkelementen. Tabel 2.3.1 geeft daarvan een overzicht met de grootste positieve en de grootste negatieve waarden evenals de tijdstippen waarop die extremen optreden.

Omdat bij het dek duidelijk sprake is van symmetrie (de extreme waarden meestal tot op 3 cijfers gelijk zijnde) vermeldt de tabel alleen de waarden voor de linker helft van de constructie.

V.w.b. de vloer zijn in de tabel niet die knooppunten opgenomen die verbonden zijn aan de verstijfde balkelementen (samenhangend met de aanwezigheid van kabinetten). Daar is de situatie met dit voorlopige model minder goed interpreteerbaar.

Als we de buigende momenten delen door het weerstandsmoment vinden we dat in het dek de grootste buigspanning optreedt na 116 ms in knooppunt 16 (hart schip) met 402 MPa. De op een na grootste spanning treedt op bij het langsschot in knooppunt 10 na 113 ms en bedraagt 374 MPa. Deze waarden zijn vrijwel dezelfde als die welke bij som 4 gevonden werden. De vloeigrens van het toegepaste staal ligt met ongeveer 350 MPa slechts weinig lager dan deze extreme waarden en een elastische berekening, zoals hier uitgevoerd, is dan ook alleszins acceptabel.

In de UNP profielen van de vloer treedt een grootste buigspanning op van 108 MPa in knooppunt 10 na 417 ms. Ongeveer 10% minder grote spanningen treden op in de knooppunten 2 en 14. Vergeleken met de vloeigrens is het spanningsniveau in de vloer laag. Ook bij deze berekening treden de grootste spanningen in de vloerbalk weer op die plaatsen op waar sprake is van een overgang in buigstijfheid.

Knooppunt- nummers in ASKA	Extreme waarden				Weerstands moment $W_b \times 10^{-4}$ [m³]
	Positief		Negatief		
	$M_b \times 10^5$ [Nm]	t [ms]	$M_b \times 10^5$ [Nm]	t [ms]	
<u>dek</u>					
2	0.74	40	0.86	24	3.29
3	0.33	36	0.29	81	"
4	0.86	24	0.70	39	"
5	0.98	86	0.93	41	"
6	1.03	87	0.93	42	"
7	0.90	81	0.75	36	"
8	0.68	90	0.54	45	"
9	0.56	288	0.68	111	"
10	1.12	220	1.23	113	"
11	0.90	10	0.92	114	3.33
12	0.65	10	0.61	54	"
13	0.46	48	0.50	15	"
14	0.68	114	0.53	15	"
15	1.04	116	0.77	284	"
16	1.34	116	0.95	285	"
<u>vloer</u>					
2	0.057	355	0.049	465	0.574
6	0.037	143	0.021	220	"
7	0.027	279	0.028	356	"
8	0.017	434	0.021	355	"
9	0.019	451	0.016	312	"
10	0.062	417	0.050	308	"
14	0.057	433	0.052	294	"
15	0.026	436	0.018	140	"
16	0.026	449	0.019	310	"
17	0.029	229	0.026	338	"
18	0.014	393	0.013	72	"
19	0.036	401	0.038	448	"
20	0.029	373	0.028	229	"
21	0.036	135	0.038	464	"
22	0.031	385	0.034	463	"

Tabel 2.7.1 De extreme buigende momenten (som 7).

3. CONCLUSIES.

- (1) Vergeleken met een eerder doorgerekende dek-vloer combinatie (**som 4**) t.p.v. de commandocentrale van het LCF [1], is nu met de nieuw uitgevoerde berekening (**som 7**) sprake van het volgende:
 - De dekconstructie is onveranderd gelaten.
 - De aanstoting van het dek met de kickoff puls t.p.v. de huid en de langsschotten is ook nog steeds conform **som 4**.
 - De aluminium pallet vloer in de commando centrale is nu vervangen door een gelast stalen frame van UNP 80*50*5 profielen, conform het voorstel van de KSG voor de "computerruimte Sewaco achter."
 - De staalkabelveren van Socitec Y 1642-02 zijn vervangen door staalkabelveren van Sebert K19 100-02, zonder aan het aantal of de locaties iets te veranderen.
- (2) De buigstijfheid EI van de nu in de berekeningen betrokken vloer is ruim een factor 7 lager dan die van de pallet vloer. Verschillen in de responsie bij de sommen 7 en 4 zijn met name daar aan toe te schrijven.
- (3) De schokresponsie van het dek is vrijwel onveranderd gebleven. Dat betreft zowel de bewegingen als de buigspanningen die met een grootste waarde van 402 MPa iets boven de vloeigrens van 350 MPa liggen.
- (4) De maximale buigspanning in de vloer is weliswaar flink toegenomen, van 25 MPa in de aluminium palletvloer tot 108 MPa in de UNP profielen, maar ligt toch nog aanzienlijk beneden de vloeigrens van staal.
- (5) De maximale versnellingspieken liggen nu lokaal, met name bij kabinet 1, bij ongeveer 100m/s^2 en dus wat hoger dan de 60m/s^2 bij de pallet vloer. Die grotere piekversnellingen ontstaan doordat een locale trilvorm van de vloer aangestoten wordt.
In het algemeen gesteld kan worden dat naarmate men de afgeveerde constructie zelf slapper gaat uitvoeren er een toenemende kans is dat er lokaal in de constructie versnellingen optreden die aanzienlijk uit kunnen gaan boven de verwachte versnellingen welke zijn gebaseerd op de sterk gesimplificeerde aanname van een enkel een-massa-veersysteem bestaande uit een stijve massa en een slappe veer. In dat verband wordt herinnerd aan een in 1984 uitgevoerde parameterstudie [11].
- (6) Naarmate de vloer slapper wordt uitgevoerd is het belangrijker om de keuze van de veerlocaties af te stemmen op de aanwezigheid van lokale vloerbelasting. Onder de vloer in de commandocentrale zou, zo wordt verwacht, een andere keuze tot een gunstiger schokresponsie kunnen leiden. Plaatsing van veren onder elke kruising van profielen, zoals blijkbaar voorgestaan door de KMS voor genoemde computerruimte wordt niet gunstig geacht voor die delen van de vloer waar lokaal minder vloerbelasting aanwezig is.
- (7) Kabelgewonden veren, hetzij van Socitec, hetzij van Sebert, gedragen zich bij deze verticale excitatie zoals verwacht met indrukken en uitrekken in de orde van grootte van 40 mm.
- (8) Berekeningen naderen het punt dat het verstijvend effect van de kabinetten op de vloer wat beter afgeschat zouden moeten kunnen worden.
- (9) "De" opstellingsfrequentie van de vloer ligt nog steeds bij ongeveer 4 Hz. Veiliger, in geval van whipping, is een opstellingsfrequentie in de buurt van 5 Hz.

LITERATUUR.

- [1] R. Regoord
Schokreductie d.m.v. zwevende vloeren
TNO rapport 95-CMC-R1243 November 1995
- [2] R. Regoord
Schokreductie d.m.v. zwevende vloeren Veertype N2C kl.4
TNO rapport 96-CMC-R0264 Maart 1996
- [3] R. Regoord
Projectplan voor "Schokreductie maatregelen"
TNO memo 95-CMC-M136, 17 juli 1995
- [4] J.E. van Aanhold
Wire rope springs. Addendum to Shock Handbook, part 2.
TNO report 93-CMC-R1158, November 1993.
- [5] R. Regoord, J. van Vught, B.Q.M. Westgeest
Theoretical and User's Manual for the SWISS code -
Shock Wave Induced Ship Shock. (version 2.0)
TNO report 95-MAR-R0613, August 1994, Company Confidential
- [6] W. Trouwborst
Transmissie van schok, responsieberekeningen van een compartiment van
een fregat.
TNO rapport 94-CMC-R1365, November 1994
- [7] W. Trouwborst
Shock transmission, response calculation of a compartment of a
frigate including plasticity effects.
TNO report 95-CMC-R1143, November 1995
- [8] Catalogus van Sebert Schwingungstechnik GmbH
K-Type Shock Mounts For Naval Applications.
- [9] F.J. van Bragt
Evaluation of two shock mounts types: K9 5-02 D2 and K16 180-02 S2
Manufacturer:Sebert GmbH
TNO report 95-MAR-R1246, November 1995
- [10] R. Regoord, B.Q.M. Westgeest
Manual for SHOCK3D, version 2.0
Computer program for non-linear shock response.
TNO report 94-CMC-R0539, August 1994
- [11] R. Regoord
Schokresponsie van flexibele apparatuur opgesteld op lineaire veren.
TNO rapport 5073419-84-1, Februari 1984

APPENDIX A: Figuren

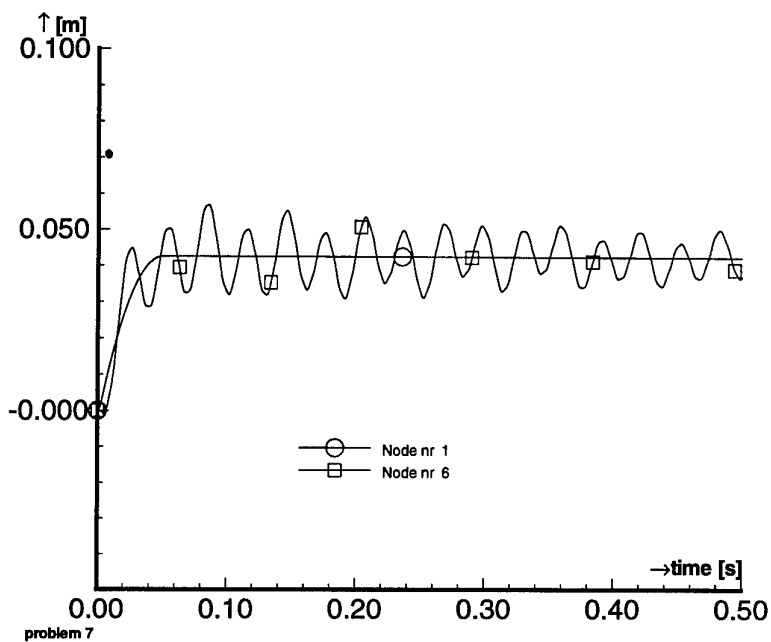


fig. A.7.1 Verplaatsing som 7 dek n.p. 6 en n.p. 1 (voorgeschreven).

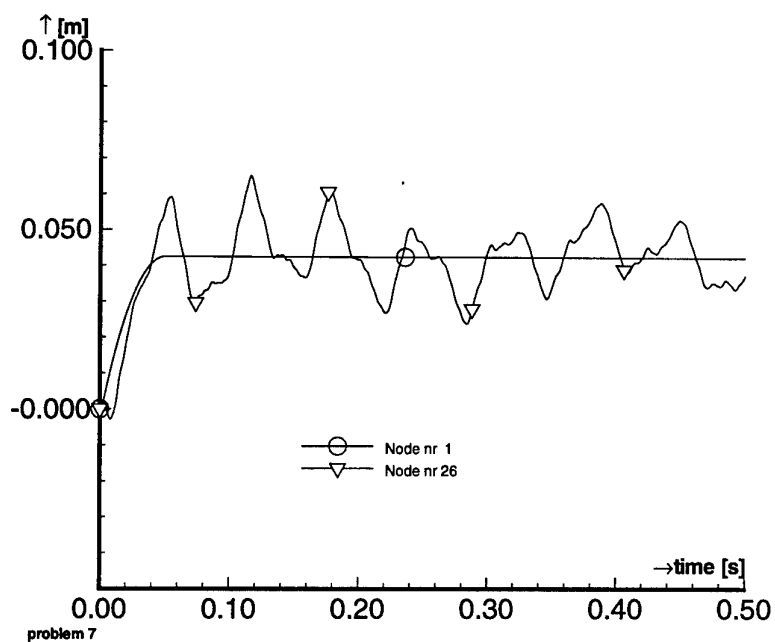


fig. A.7.2 Verplaatsing som 7 dek n.p. 26 en 1 (voorgeschreven).

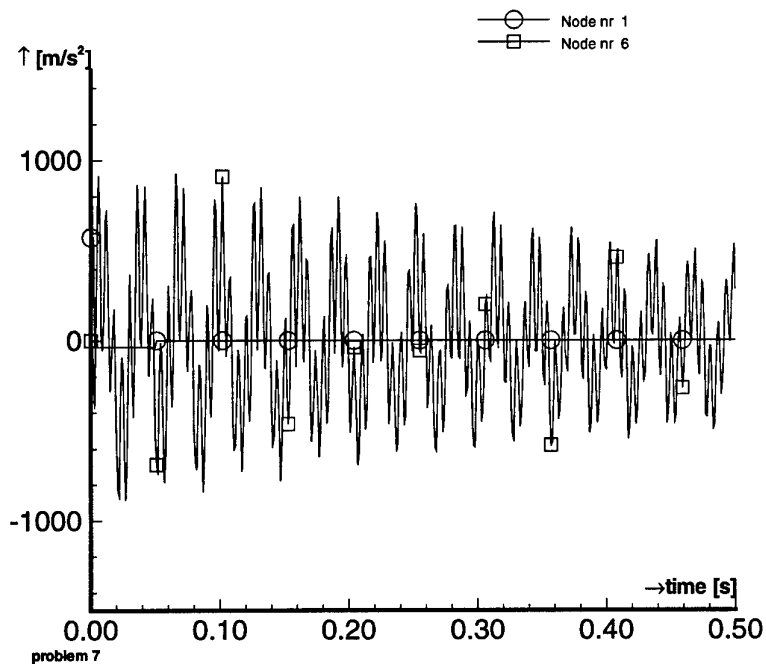


fig. A.7.3 Versnelling som 7 dek n.p. 6 en n.p. 1 (voorgeschreven).

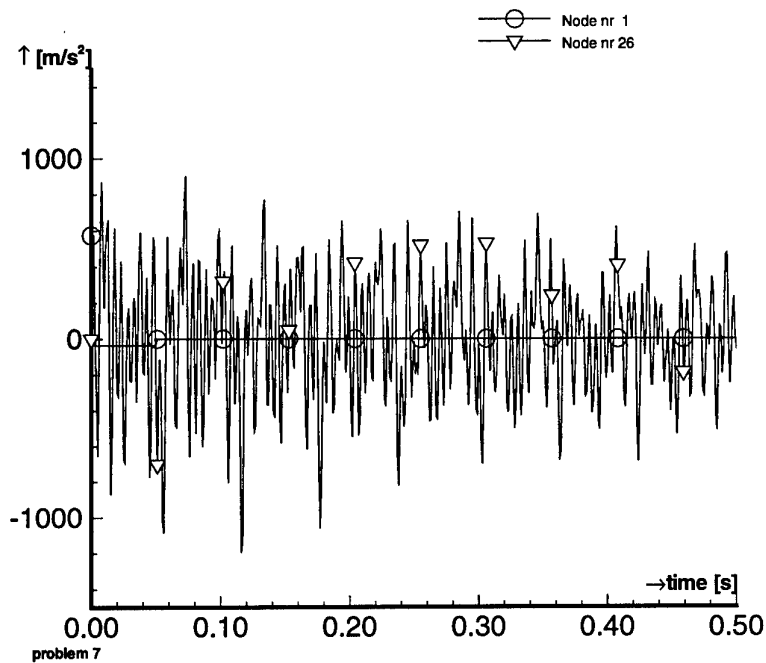


fig. A.7.4 Versnelling som 7 dek n.p. 26 en n.p. 1 (voorgeschreven).

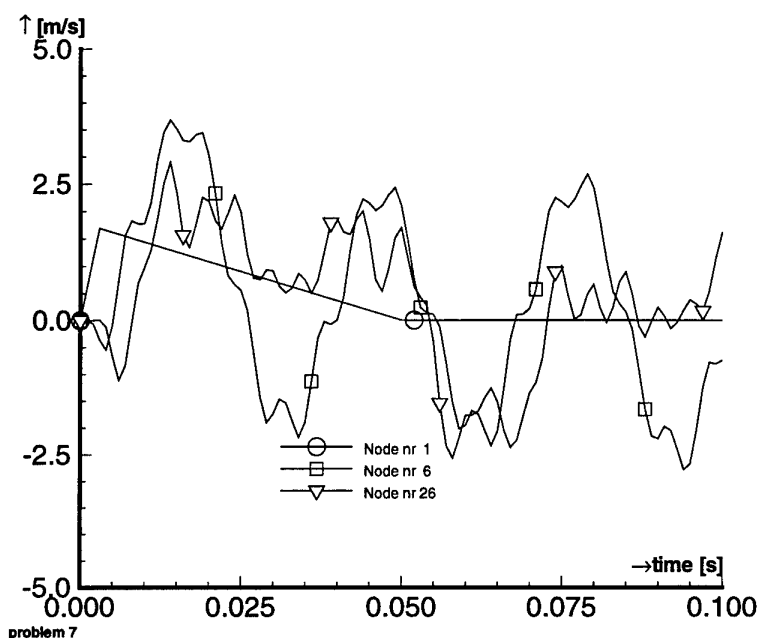


fig. A.7.5 Snelheid som 7 dek n.p. 6, 26 en 1 (voorgeschreven).

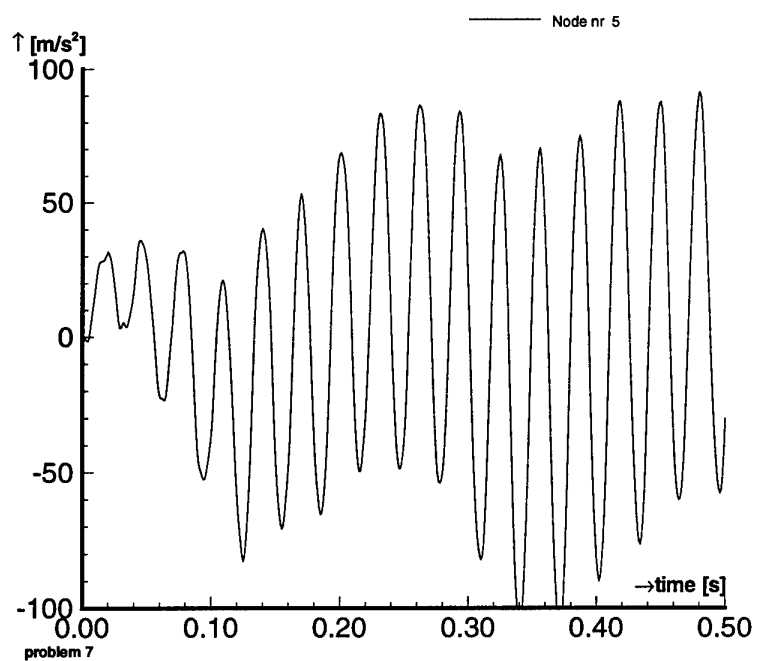


fig. A.7.6 Versnelling som 7 vloer n.p. 5.

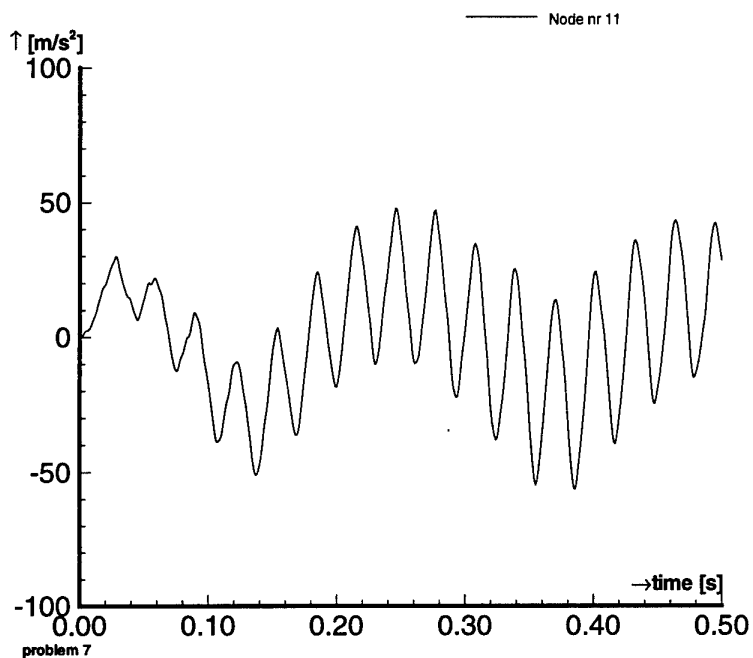


fig. A.7.7 Versnelling som 7 vloer n.p. 11.

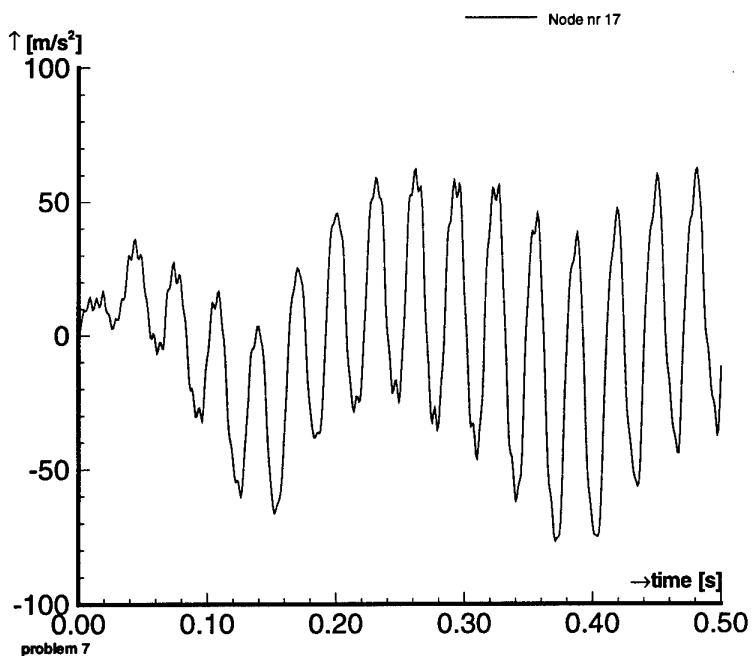


fig. A.7.8 Versnelling som 7 vloer n.p. 17.

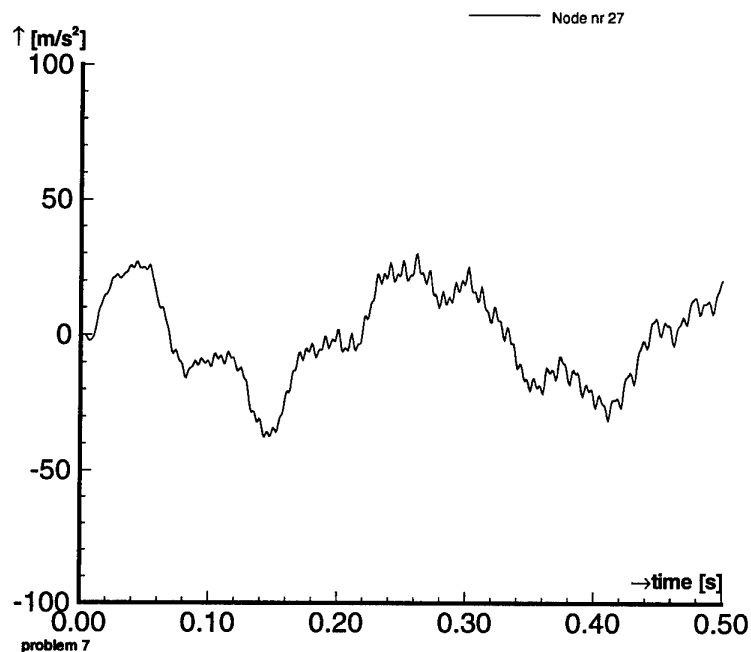


fig. A.7.9 Versnelling som 7 vloer n.p. 27.

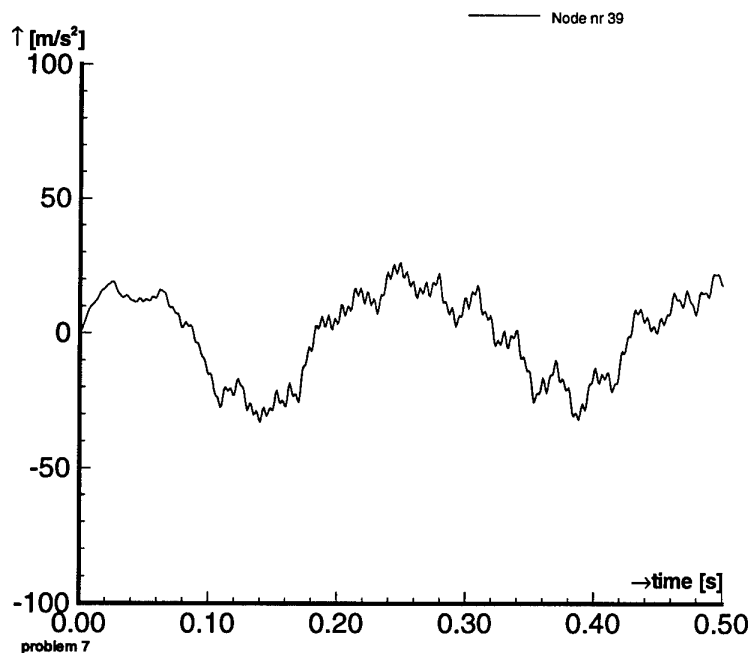


fig. A.7.10 Versnelling som 7 vloer n.p. 39.

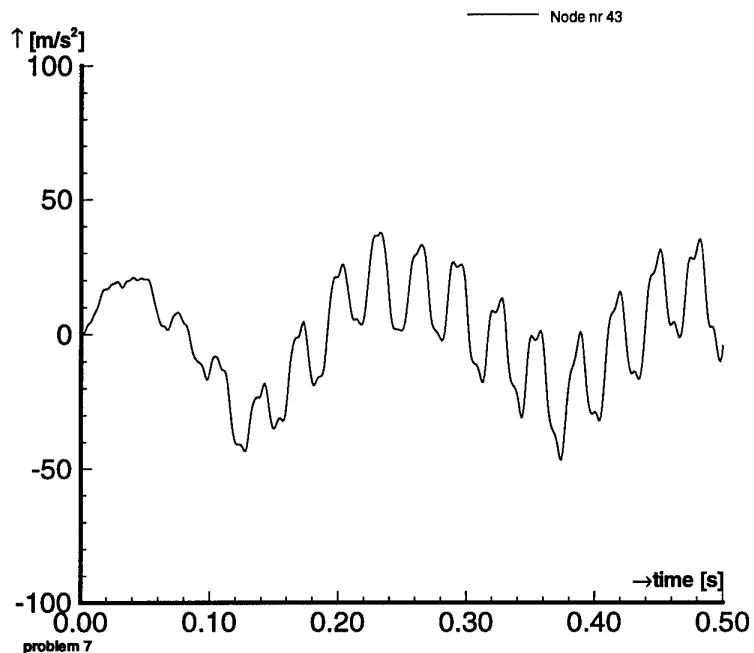


fig. A.7.11 Versnelling som 7 vloer n.p. 43.

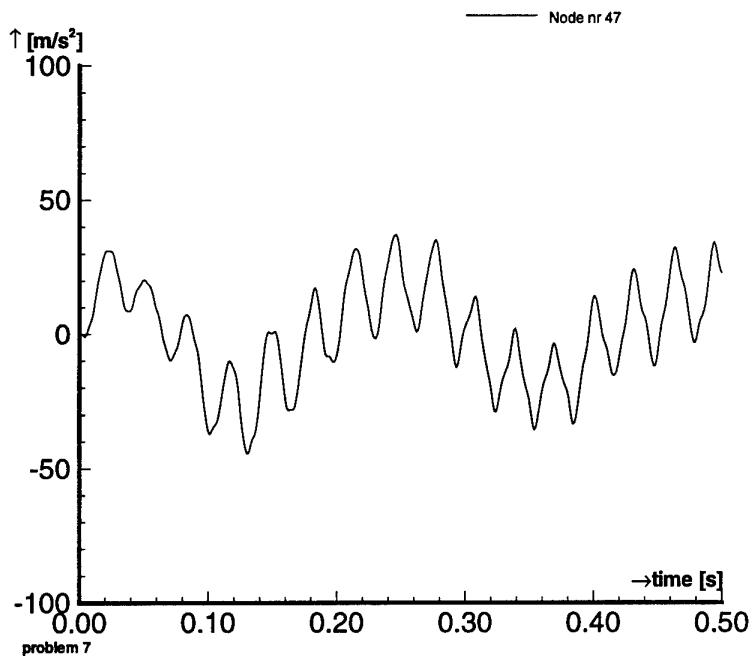


fig. A.7.12 Versnelling som 7 vloer n.p. 47.

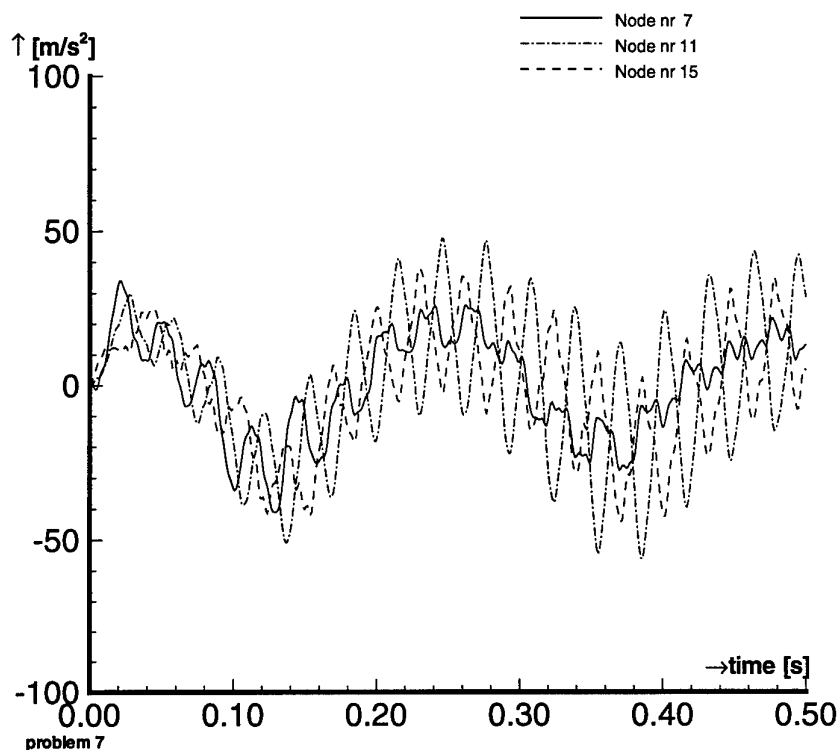


fig. A.7.13 Versnelling som 7 vloer n.p. 7, 11 en 15.

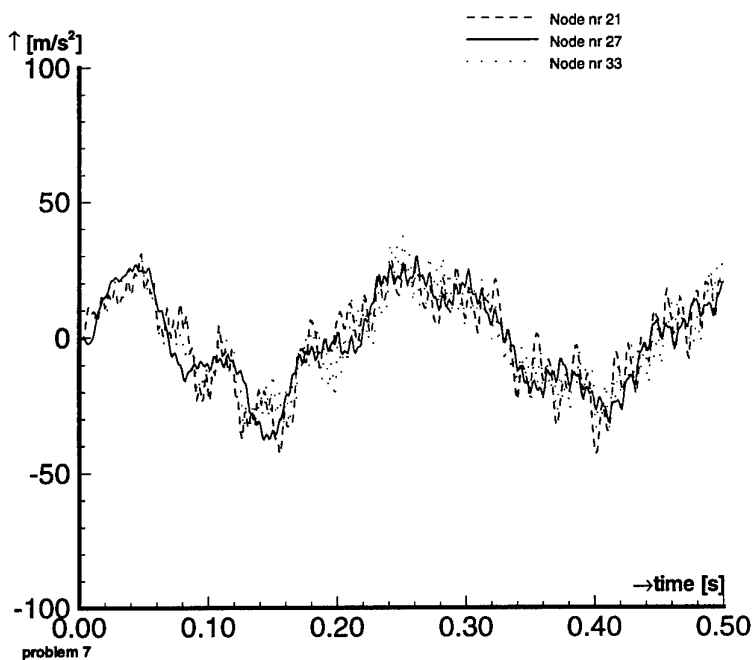
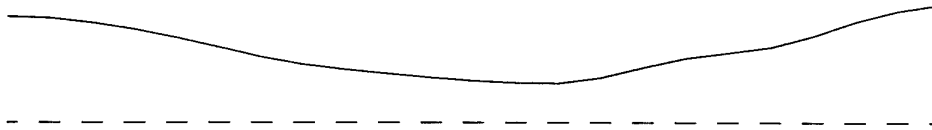
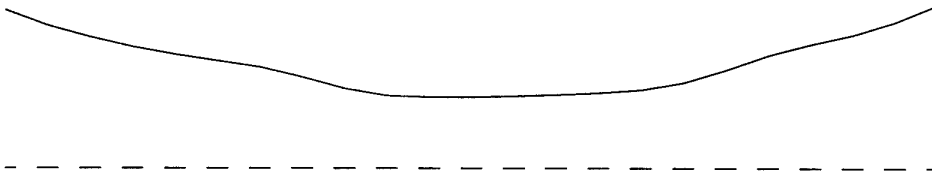


fig. A.7.14 Versnelling som 7 vloer n.p. 21, 27 en 33.



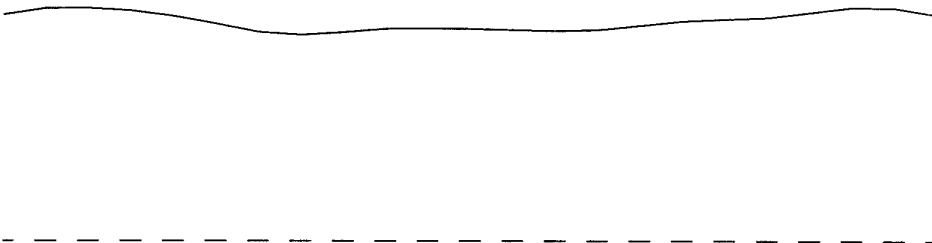
<

fig. A.7.15 Verplaatsing vloer som 7 na 294 ms.



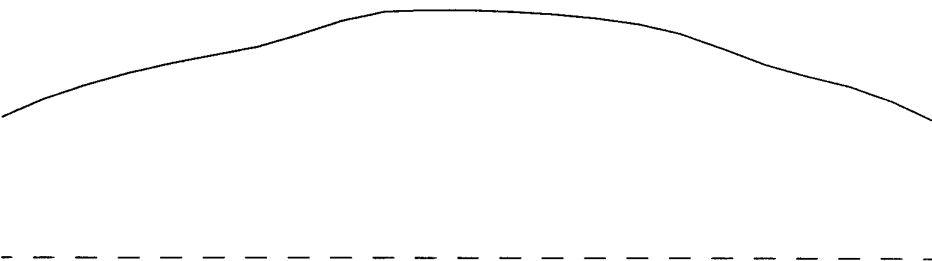
<

fig. A.7.16 Verplaatsing vloer som 7 na 308 ms.



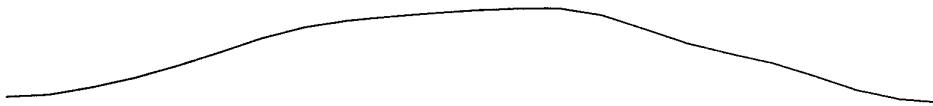
<

fig. A.7.17 Verplaatsing vloer som 7 na 355 ms.



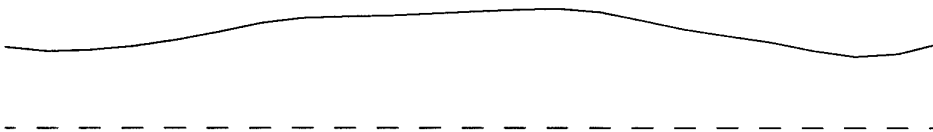
<

fig. A.7.18 Verplaatsing vloer som 7 na 417 ms.



<

fig. A.7.19 Verplaatsing vloer som 7 na 433 ms.



<

fig. A.7.20 Verplaatsing vloer som 7 na 465 ms.

De verplaatsingen zijn in deze figuren een faktor 50 opgeschaald.

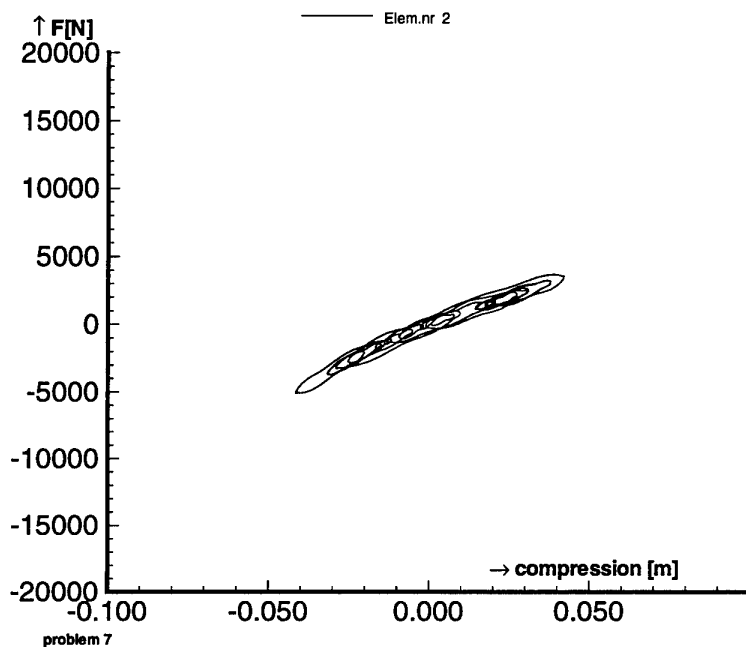


fig. A.7.21 Veer karakteristiek som 7 element 2.

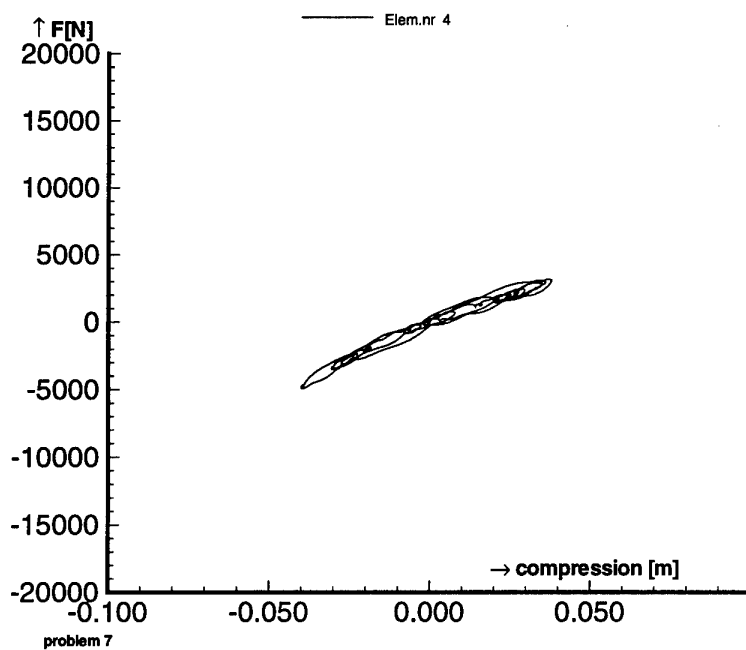


fig. A.7.22 Veer karakteristiek som 7 element 4.

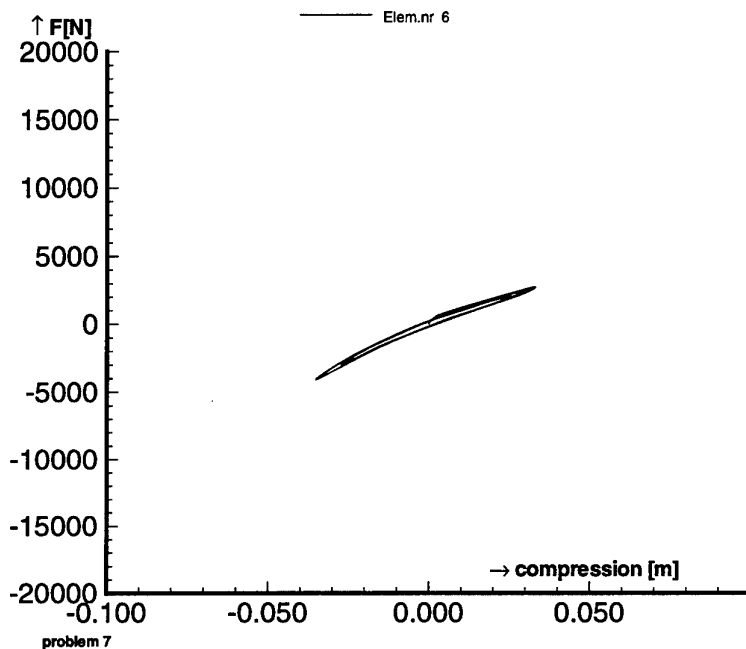


fig. A.7.23 Veer karakteristiek som 7 element 6.

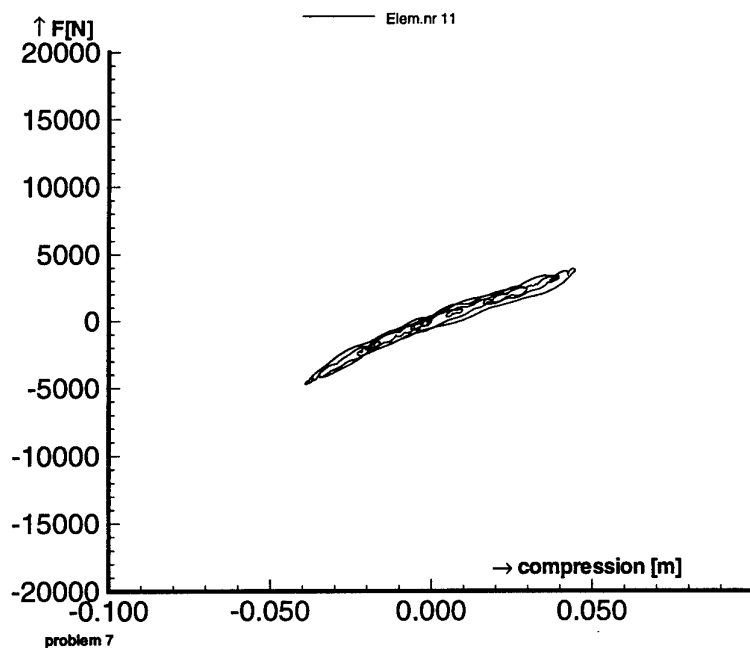


fig. A.7.24 Veer karakteristiek som 7 element 11.

ONGERUBRICEERD

REPORT DOCUMENTATION PAGE		
1. DEFENCE REPORT NUMBER (MOD-NL) RP 96 - 0106	2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER 96-CMC-R0288
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO. 62376605	5. CONTRACT NUMBER A95/KM/109	6. REPORT DATE 18 July 1996
7. NUMBER OF PAGES 28 (incl. appendices & excl. RDP + Distr. List)	8. NUMBER OF REFERENCES 11	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Interim Report
10. TITLE AND SUBTITLE Schokreductie d.m.v. zwevende vloeren; stalen UNP profielen. Shock reduction by means of resiliently mounted floors; UNP beams of steel.		
11. AUTHOR(S) R. Regoord		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) Centre for Mechanical Engineering Leeghwaterstraat 5 2628 CA DELFT, The Netherlands		
13. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESSES(S) Sponsor: Netherlands Ministry of Defence Monitoring agency: TNO Defence Research, Schoemakerstraat 97, 2628 VK DELFT, The Netherlands		
14. SUPPLEMENTARY NOTES The Centre for Mechanical Engineering is part of TNO Building and Construction Research Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS, 1044 BYTES) The analysis concerns a simple 2D finite element model of a large resiliently mounted steel floor on a deck of a frigate subjected to the effects of UNDEX shock. For the prescribed motion at the deck edges, a kickoff pulse has been taken. The latter being obtained with the SWISS Code for an actual charge geometry. Cable wound shock mounts were installed. Shock response results were compared with those as obtained earlier for a more stiff aluminium floor.		
16. DESCRIPTORS Underwater explosion Frigate Ship structure Shock response		IDENTIFIERS Shock analysis Finite element methods shock mounting
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) ONGERUBRICEERD	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) ONGERUBRICEERD	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) ONGERUBRICEERD
18. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT Unlimited availability, requests shall be referred to sponsor		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) ONGERUBRICEERD

ONGERUBRICEERD

DISTRIBUTIELIJST RAPPORT 96-CMC-R0288
Instituut: TNO Bouw CMC
Project A95/KM/109

Bureau TNO-DO	1
DWOO	1
HWO-KM	1
Projectleider DMKM, ir. J.A.A. Vaders	5
Archief Afdeling Scheepsbouw	1
HWO-KL	(B)
HWO-Klu	(B)
HWO-Centrale Organisatie	(B)
TNO-Centrum voor Mechanische Constructies	4
Bibliotheek KMA	3

(B) = Beperkt rapport